

⑪ 公開特許公報 (A)

平1-198759

⑫ Int. Cl. 4

G 03 F 7/20
H 01 L 21/30
H 01 S 3/101

識別記号

3 1 1

府内整理番号

H-6906-2H
S-7376-5F
7630-5F

⑬ 公開 平成1年(1989)8月10日

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全7頁)

⑭ 発明の名称 照明装置

⑮ 特願 昭63-22131

⑯ 出願 昭63(1988)2月3日

⑰ 発明者 西 健爾 東京都品川区西大井1丁目6番3号 日本光学工業株式会社大井製作所内

⑱ 出願人 株式会社ニコン 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

⑲ 代理人 弁理士 佐藤 正年

明細書

1. 発明の名称

照明装置

本発明は、コヒーレンスな照明系によって物体を照明する装置に関し、特にそのスペックル除去に関するものである。

2. 特許請求の範囲

コヒーレントな光を出力する光源と、出力された光を適宜径に拡大するためのエキスパンダ光学系と、前記径が拡大された光束を入射し、該光束の強度分布をほぼ一様に整える強度分布一様化手段とを備え、さらに、前記光源と前記強度分布一様化手段との間に、前記光源から出力された光を分割するとともに該分割された光を互いに光の可干渉距離より大きな光路差を与えてから合成する手段を設け、該手段により前記光源からの光の時間的コヒーレンスを低減させてから前記強度分布一様化手段に入射させることにより、被照射対象を均一に照明することを特徴とする照明装置。

3. 発明の詳細な説明

【産業上の利用分野】

【従来の技術】

第4図は、コヒーレンスな照明系によって物体を照明する装置の一例を示す構成図である。

図において、10はレーザ制御装置、12はパルス性のレーザ発振装置、14はフィルタ、16はシャッタである。レーザ発振装置12は、レーザ制御装置10によって発振タイミング及び発振強度を制御されながらレーザビームを出力する。

レーザ発振装置12から出力されたレーザビームは、フィルタ14により光量を調整された後、ビームエキスパンダーを構成する凹レンズ18及び凸レンズ20を透過する。レーザビームはこのエキスパンダによって一定のビーム径に拡大された後、フライアイレンズ22に入射する。フライアイレンズ22は、入射した光から複数の光束を形成する。そして、これら複数の光束からなる照

明光は、コンデンサーレンズ24を介してレチクル(マスク)R全面に照射される。ここでフライアイレンズ22とコンデンサーレンズ24の組合せは、レーザビームの強度分布を一様化する手段として働く。

ここで、前記フライアイレンズ22は、照度を均一にするため及びスペックルを除去するため設けられている。すなわち、レーザビームの断面光量分布は一般に、第5図に示すようなガウス分布をなしているが、このようなガウス分布のレーザ光をレチクルRに照射した場合、レチクルRの周辺部の光量が不足して照度分布ムラを生じる。このため、フライアイレンズ22によってレーザビームから複数の光束を形成させ、各光束が被照射対象物上を重畳して照明することによって照度が均一となるようにしているものである。

一方、レーザビームは一般にコヒーレンスが良いのでスペックルを生じやすい。しかし、狭帯化等を行わないエキシマレーザは完全なコヒーレント光ではなく、第5図のビーム断面図に示すよう

さらに、レーザビームの断面光量分布の形状が第5図に示すようなガウス分布であるため、フライアイレンズの周辺部に入射する光量が少なくなるので、スペックル除去効果が十分に得られないという問題点があった。

本発明は上記のような問題点に鑑みてなされたものであり、コヒーレントな光を出力する光源を用いた場合でも、スペックルの発生を十分に防止でき、均一な照明が行える照明装置を提供することを目的とする。

【課題を解決する為の手段】

上記目的を達成するため、本発明に係る照明装置は、前記光源と前記強度分布一様化手段との間に、前記光源から出力された光を反射、あるいは透過により分割するとともに該分割された光を互いに光の可干渉距離より大きな光路差を与えてから合成する手段を設け、該手段により光源からの光の時間的コヒーレンスを低減させてから前記強度分布一様化手段に入射させるようにしたもの

に、一定間隔a以上離れたレーザ光束は互いに干渉し合わない。従って、フライアイレンズ22によって間隔a以上離して複数の光束を形成して重ね合せることにより、スペックルが生じないようしている。

【発明が解決しようとする課題】

上記の如き従来の技術に於いては、フライアイレンズによってスペックルの除去を行っているが、スペックルを十分に除去するためには、形成する光束数の多いフライアイレンズを使用する必要がある。しかし、フライアイレンズは形成する光束数が多くなるほど製作が困難となり、コストも高くなるという問題点があった。

また、波長幅を小さくする(狭帯化)ためにインジェクションロッキング法等を用いる場合があるが、この場合にはレーザビームの空間的コヒーレンスが極めて高くなり、フライアイレンズのみでは十分にスペックルを除去できないという問題点があった。

である。

【作用】

スペックルは光のコヒーレンスが良い場合に生じる。すなわち、空間的コヒーレンス及び時間的コヒーレンスのいずれもが高い場合に生じる。従って、光の空間的コヒーレンス又は時間的コヒーレンスのいずれかを低下させることによりスペックルを防止することができる。

本発明においては、光源から出力された光を、まず、例えば光の一部を反射し残りを透過するような手段により分割し、該分割された光を、互いに光の可干渉距離より大きな光路差を与えた後に再び合成するようにしたので、該合成された光は時間的コヒーレンスが低減される。従って、インジェクションロッキング法等を用いて空間的コヒーレンスが高くなった場合でも、時間的コヒーレンスが低いので、スペックルを生じることなく照明することができる。

【実施例】

以下、添付図面を参照しながら本発明の実施例について詳細に説明する。第1図は本発明の一実施例を示す構成図である。図において、第4図と同一符号は同一部分を示す。

レーザ発振装置12から出力されたレーザビームは、フィルタ14を介して三角プリズム光学系100に到達する。この三角プリズム光学系100は、正三角形の第一プリズム102及び第二プリズム104からなり、これらの三角プリズムに光が入射すると、入射面以外の他の2面で内面反射して入射面から再び外部へ出るようになっている。なお、第二プリズム104の内部光路長は第一プリズム102の内部光路長の2倍となっており、第一プリズムの内部光路長はレーザビームの可干渉距離よりも大きくなるように設定されている。

各プリズムのプリズム面は、いずれも到達する光のうち1/3の光量を反射し、2/3の光量を透過するようになっている。一方、各プリズム内

においては、入射した光は入射面以外の2面で全反射されて入射面に戻り、再び1/3の光量が反射され、2/3の光量が透過してプリズム外に射出される。反射された光はさらに他の2面で全反射されて入射面に戻り、上述の如く反射及び透過を繰返す。

従って、各プリズムに到達した光は、プリズム内に入射せずに反射する光、プリズム内に入射してプリズム内で1回転して外部へ出る光、プリズム内で2回転して外部へ出る光等、光路長の異なる複数の分割光に分割された後、プリズムから射出される際に再び合成されることになる。

従って、三角プリズム光学系100に到達したレーザビームは、まず第一プリズム102において上記のように分割・合成された後、第二プリズム104に到達し、同様に分割・合成されて射出される。このように、レーザビームを三角プリズム光学系100を通過させると、レーザビームの時間的コヒーレンスが低減される。次にその作用について詳述する。

第一プリズム102内の1回転の光路長をbとすると、第二プリズム104内の1回転の光路長は2bとなる。このとき、第一プリズム102に到達する光の光量を1とすると、各分割光のプリズム内の光路長及び光量は第1表のようになる。

第1表の結果から、第一プリズム102及び第二プリズム104内の光路長ごとの光量分布は次のようになる。

光路長	0	b	2b	3b	4b	5b	6b
光量比	81	: 108	: 144	: 144	: 84	: 48	: 16

このように、光路差がb以上異なる複数の光に分割される結果、三角プリズム光学系100から射出される光は、時間的コヒーレンスが1/5～1/6程度に低下することになり、スペックルの発生が大幅に低減される。なお、上記三角プリズム光学系100を通過させたときに得られる光量は、入射光の約80%程度である。

第 1 表

光の進路		光路長		
プリズム102	プリズム104	プリズム102	プリズム104	計
反射	反射	$\frac{1}{3} \times \frac{1}{3} = \frac{1}{9}$	0	0
反射	1回転	$\frac{1}{3} \times \frac{2}{3} \times \frac{2}{3} = \frac{4}{27}$	0	2b
反射	2回転	$\frac{1}{3} \times \frac{2}{3} \times \frac{1}{3} \times \frac{2}{3} = \frac{4}{27}$	0	4b
1回転	反射	$\frac{1}{3} \times \frac{2}{3} \times \frac{1}{3} = \frac{2}{27}$	b	0
1回転	1回転	$\frac{1}{3} \times \frac{2}{3} \times \frac{1}{3} \times \frac{2}{3} = \frac{4}{81}$	b	2b
1回転	2回転	$\frac{1}{3} \times \frac{2}{3} \times \frac{2}{3} \times \frac{1}{3} \times \frac{2}{3} = \frac{8}{243}$	b	4b
2回転	反射	$\frac{2}{3} \times \frac{1}{3} \times \frac{2}{3} \times \frac{1}{3} = \frac{4}{27}$	2b	0
2回転	1回転	$\frac{2}{3} \times \frac{1}{3} \times \frac{2}{3} \times \frac{2}{3} \times \frac{1}{3} = \frac{16}{243}$	2b	2b
2回転	2回転	$\frac{2}{3} \times \frac{1}{3} \times \frac{2}{3} \times \frac{2}{3} \times \frac{1}{3} \times \frac{2}{3} = \frac{16}{729}$	2b	4b

上記のように、三角プリズム光学系100によって時間的コヒーレンスが低減された光を用い、従来装置と同様に凹レンズ18、凸レンズ20、フライアイレンズ22、及びコンデンサレンズ24（レンズ22、24によって強度分布一様化手段が構成される）を介して被照射対象たるレチクルRを照射すれば、スペックルの発生が低減された照明を行うことが可能となるが、本実施例においては、ビーム平坦化光学系200を附加してビームの断面光量分布を平坦化することにより、スペックル除去効果をさらに高めている。

上記三角プリズム光学系100から射出された光は、凹レンズ26及び凸レンズ28からなるビームエキスパンダーによって適宜径に拡大された後、第一偏光ビームスプリッタ202に入射し、ここで異なる偏光に分割される。

第一の偏光は、前記第一偏光ビームスプリッタ202を透過し、さらにミラー210及び212によって偏向され、第二偏光ビームスプリッタ206に入射する。この偏光の断面光量分布は、

第3図(a)に示すように当初のガウス分布をなしている。

一方、第二の偏光は、前記第一偏光ビームスプリッタ202で偏向され、光学部材204を透過した後、第二偏光ビームスプリッタ206に入射する。光学部材204は、第2図に示すような形状をしている。すなわち、中央部が円柱状であってその両端面に円錐を合せた形状となっている。このような構成の光学部材204を光が円錐部側から入射した場合、光の断面光量分布は、入射するときには第3図(a)のようなガウス分布であったものが射出するときは第3図(b)に示すような分布、すなわち光束の中心と周辺とが反転した分布となる。

上記両偏光が第二偏光ビームスプリッタ206で合成されると、第3図(c)に示すような断面光量分布を示し、光量分布が平坦化されていることが分る。従って、このように断面光量分布が平坦化された光を凹レンズ18及び凸レンズ20を介してフライアイレンズ22に入射させれば、フ

アイレンズ 22 の周辺部に入射する光量も十分となり、フライアイレンズ 22 によるスペックル除去効果がさらに顕著に得られるようになる。なお、前記ビーム平坦化光学系 200 によって平坦化された光束は偏光に片寄りが生じているので、 $\pi/4$ 板 208 を設け、これによって円偏光に変えている。

上述の如く本実施例の構成によれば、レーザ光源から出力されたレーザビームを第一プリズム 102 及び第二プリズム 104 を透過させてレーザビームの時間的コヒーレンスを低下させることによってスペックルを除去することができる。また、本発明の必須の構成ではないが、ビーム平坦化光学系 200 によってレーザビームの断面方向の光量（強度）分布を平坦化することにより、フライアイレンズ 22 に入射するレーザビームの光量を均一化させ、フライアイレンズ 22 によるスペックル除去効果を向上させることができる。

なお、本実施例においては、光の時間的コヒーレンスを低下させるための手段としてプリズム系

方向性をなくすのがよい。また、プリズム 104 から射出した光の偏光に偏りがある場合でも、偏光ビームスプリッタ 202 へ入射する光の偏光方向を、偏光ビームスプリッタ 202 の入射面に対して約 45° 方向にすればよい。

【発明の効果】

以上説明した通り本発明によれば、照射光の時間的コヒーレンスを低下させることによってスペックルの発生を防止しているので、従来よりも多数の光束を形成するフライアイレンズ（多数のエレメントレンズ）を使用する必要がなく、簡単な光学系によってスペックル除去ができる、コストを下げるができるという効果がある。特に、波長幅を小さくする為にインジェクションロッキング法やエタロン等を用いてレーザ光の空間的コヒーレンスが高くなった場合でも、十分にスペックルを除去することができるという効果がある。

4. 図面の簡単な説明

を用いた例を示したが、何等これに限定されず、光を分割し、互いに光の可干渉距離よりも大きな光路差を与えた後に再び合成するような手段であればよい。

また、上記実施例においては、プリズム面の反射率と透過率の比が 1 : 2 のものを用いたが、この比が他の値のプリズムであってもよい。さらに、三角プリズム光学系は単体であっても、あるいは 3 個以上のプリズムで構成したものでもよい。

また、上記実施例の第一プリズム 102 及び第二プリズム 104 を用いることにより得られた光束の偏光には偏りが生じることが予想される。このため、偏光方向により、半導体露光装置等で使用される投影レンズ（レチクルのバターンをウェハへ結像投影する系）の結像性能に変化が生じる場合には、第一プリズム 102 と第二プリズム 104 の入射、反射面の方向を互いに直交（実施例では互いに平行）させたりすることにより、偏光ビームスプリッタ 202 へ入射する光の偏光の

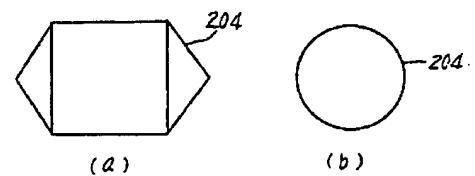
第 1 図は本発明の一実施例を示す構成図、第 2 図はビーム平坦化光学系を構成する光学部材を示すものであって第 2 図 (a) はその正面図、第 2 図 (b) はその側面図、第 3 図はレーザ光源から射出されたレーザビームの断面光量分布を示すものであって第 3 図 (a) はビーム平坦化手段に入射前の断面光量分布図、第 3 図 (b) は光学部材を透過後の断面光量分布図、第 3 図 (c) はビーム平坦化手段を透過後の断面光量分布図、第 4 図は従来の照明装置の一例を示す構成図、第 5 図はレーザビームの断面光量分布図である。

【主要部分の符号の説明】

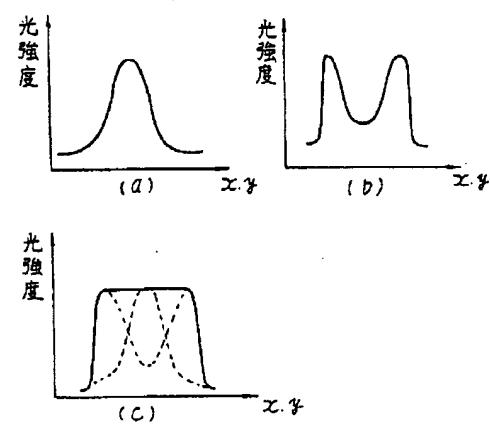
- 10 … レーザ制御装置
- 12 … レーザ発振装置
- 14 … フィルタ
- 16 … シャッタ
- 18, 26 … 凹レンズ
- 20, 28 … 凸レンズ
- 22 … フライアイレンズ

2 4 … コンデンサーレンズ
 1 0 2 … 第一ブリズム
 1 0 4 … 第二ブリズム
 2 0 2 … 第一偏光ビームスプリッタ
 2 0 4 … 光学部材
 2 0 6 … 第二偏光ビームスプリッタ
 2 0 8 … エネルギー板
 2 1 0, 2 1 2 … ミラー
 R … レチクル

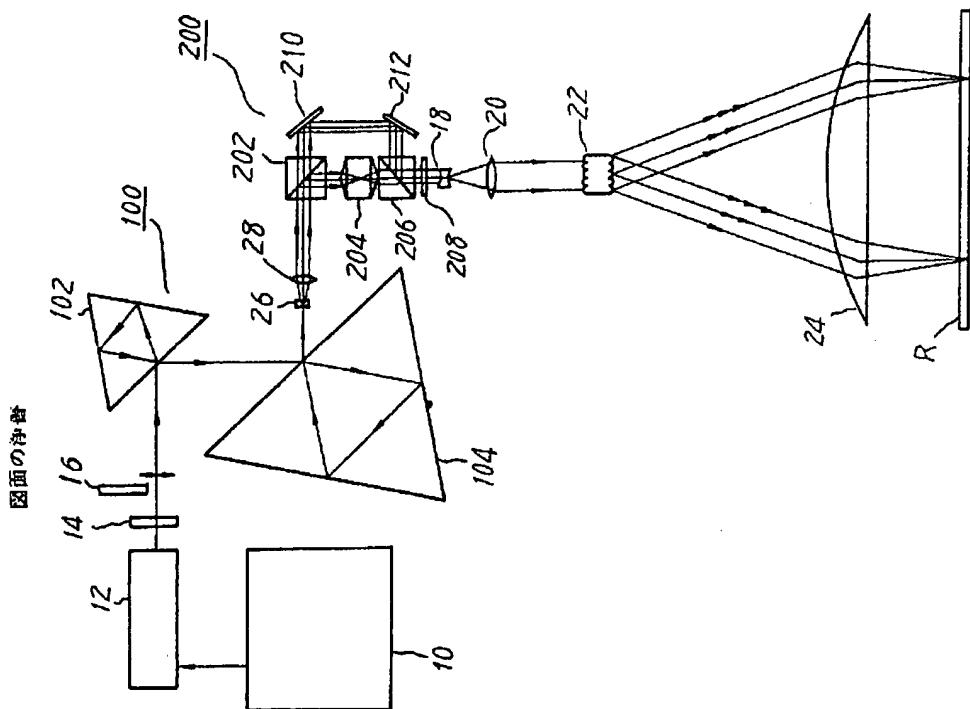
代理人弁理士 佐藤正年



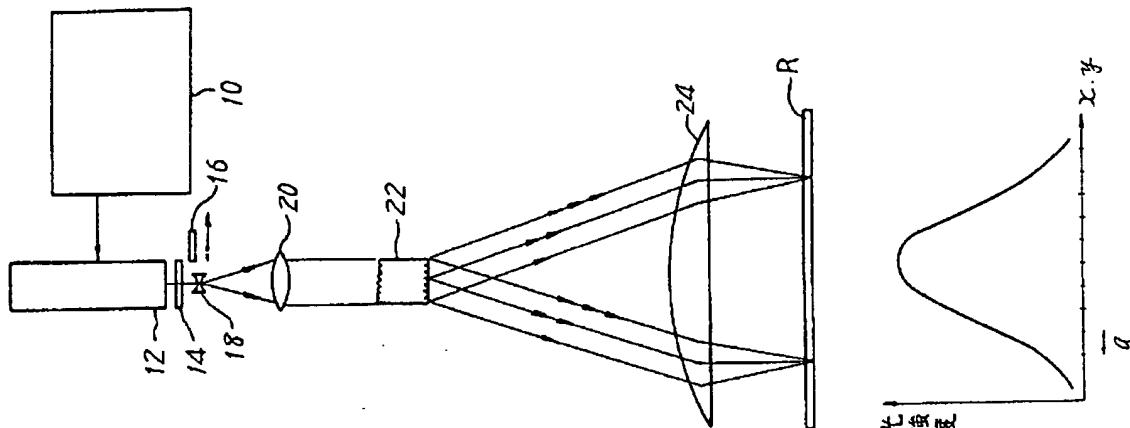
第2図



第3図



第1図



第4図

第5図

手続補正書(方式)

昭和63年 5月12日

特許庁長官殿

1. 事件の表示

特願昭63-22131号

2. 発明の名称

照明装置

3. 補正をする者

事件との関係 特許出願人

名称 (411) 株式会社ニコン

4. 代理人

住所 東京都港区虎ノ門一丁目21番19号

秀和第2虎ノ門ビル

電話 東京 (03)504-3508(代表)

氏名 (9208) 井理士 佐藤 正年



5. 補正命令の日付

昭和63年 4月 6日

(発送日 昭和63年 4月28日)

6. 補正の対象

図面。



7. 補正の内容

別紙の通り。

昭和63年4月13日 名称変更(一括)